

## Pemodelan Sebaran Air Asam Tambang Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner Alpha

Arya Pratama Putra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Geofisika, Universitas Hasanuddin  
Jl. Perintis Kemerdekaan km 10 Tamalanrea, Makassar

## Modeling the Distribution of Acid Mine Drainage Using Geoelectric Resistivity Method Wenner Alpha Configuration

Arya Pratama Putra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geophysics Study Program, Hasanuddin University  
In Perintis Kemerdekaan km 10<sup>th</sup> Tamalanrea, Makassar

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis (resistivitas) konfigurasi Wenner Alpha di suatu blok yang merupakan daerah *overburden* dari salah satu perusahaan tambang tembaga dan emas di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan penyebaran air asam tambang yang ada di bawah permukaan berdasarkan hasil penampang 2D dan blok model *pseudo* 3D. Data penelitian merupakan data primer dari 5 lintasan hasil pengukuran tahanan jenis dengan panjang yang bervariasi. Interpretasi dilakukan dengan menganalisis penampang 2D dan *block* model *pseudo* 3D hasil pemodelan nilai resistivitas bawah permukaan. Hasil interpretasi menyatakan bahwa sebaran air asam tambang yang ditandai oleh nilai resistivitas yang rendah jika dibandingkan dengan nilai resistivitas material yang lainnya. Nilai resistivitas air asam tambang berkisar 12-87  $\Omega$ m yang tersebar pada beberapa titik di setiap lintasan pengukuran.

**Kata Kunci:** Air Asam Tambang, *Overburden*, Pemodelan, Resistivitas, Wenner Alpha

**Abstract.** Geophysical research using geophysical method of resistivity geoelectric with Alpha Wenner Configuration have finished. It area locates in a blok area which is one of copper and gold mining companies in Indonesia. Purpose of this research makes distribution model of acid mine drainage in subsurface based on 2D profiles and 3D pseudo model block. Research data is primer data of measured resistivity from 5 lines having difference lengths between those five lines. Interpretation excuses from analyses of 2D profiles and 3D pseudo model block which produce by subsurface model output of resistivity value. Output of the interpretation describes that distribution model of acid mine drainage is marked by low resistivity value. Resistivity value of acid mine drainage is lower than resistivity value of other materials. Resistivity value of acid mine drainage is around 12-87  $\Omega$ m distributed at some point in each track measurements

**Keywords:** Acid Mine Drainage, Modeling, *Overburden*, Resistivity, Wenner Alpha,

## PENDAHULUAN

Proses penambangan dengan membongkar dan memindahkan batuan yang mengandung sulfida (*overburden*) menyebabkan terbukanya mineral sulfida terhadap udara bebas. Pada kondisi terlepas pada udara bebas mineral sulfida akan teroksidasi dan terlarutkan dalam air membentuk air asam tambang. Air asam tambang (AAT) atau disebut juga *Acid Mine Drainage* (AMD), yang disebut juga *Acid Rock Drainage* (ARD) merupakan limbah cair industri pertambangan yang bersifat asam dan mengandung berbagai logam berat yang berbahaya bagi lingkungan. Air asam ini akan melarutkan logam-logam berat yang terkandung di batuan sekitar maupun dari alat-alat berat yang bersentuhan

dengan air asam tersebut. Air asam ini dapat terjadi baik dalam kegiatan pertambangan berupa tambang terbuka maupun tambang dalam (bawah tanah). Air asam tambang sangat berbahaya bagi lingkungan karena kondisi asamnya dan logam berat yang dimilikinya dapat merusak biota perairan yang ada di sungai, danau atau laut, dapat menyebabkan timbulnya berbagai macam penyakit bagi manusia yang mengonsumsi air tersebut, serta dapat mengakibatkan korosi pada peralatan tambang.

Pada daerah *overburden* (lapisan permukaan tanah yang dibuang), air asam tambang tidak hanya mengalir di permukaannya saja tetapi merembes masuk ke dalam tanah. Hal ini membuat susah untuk mengetahui penyebaran air asam tambang

yang merembes ke dalam tanah. Oleh karena itu dibutuhkan suatu penelitian.

Survey resistivitas akan memetakan kondisi bawah permukaan berdasarkan kontras resistivitas dari batuan atau lapisan yang ada. Air asam tambang merupakan zat yang bersifat cair dengan nilai resistivitas yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan material lain, sehingga memudahkan pemetaan air asam tambang bawah permukaan daerah penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan survey resistivity konfigurasi *Wenner Alpha*, dengan rancangan 5 (lima) lintasan dan spasi elektroda terkecil 5 (lima) meter. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan penampang resistivitas dengan model 2D dan *block* model resistivitas *pseudo* 3D; serta memodelkan penyebaran air asam tambang dari hasil penampang resistivitas 2D dan *pseudo* 3D.

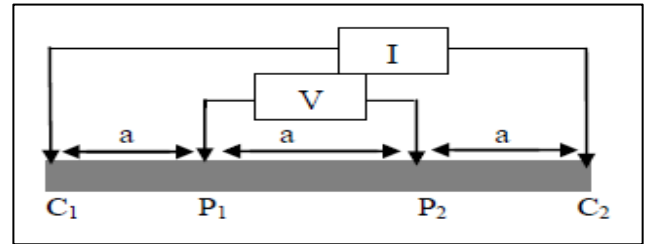
Dugaan terhadap air asam tambang di daerah *overburden* suatu blok perusahaan tambang adalah meresap ke dalam *overburden* dan menyebar ke daerah yang lebih rendah. Bahkan diperkirakan merembes ke daerah pemukiman.

## BAHAN DAN METODA

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang diukur langsung di lapangan. Penelitian ini dilakukan di daerah pembuangan lapisan permukaan tanah yang ditambang yang mengandung sulfida (*overburden*). Lokasi ini diduga sebagai tempat dan penyebab terjadinya air asam tambang. Akuisisi data yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengambilan data resistivitas dengan menggunakan Resistivitymeter *Single Chanel Naniura NRD 300 HF* serta dengan pengukuran resistansi conto air asam tambang dengan penampang konduktor.

Akuisisi metode resistivity menggunakan konfigurasi *Wenner Alpha*. Jumlah lintasan pengukuran sebanyak 5 buah di berbagai tempat yang berbeda. Pengukuran resistivitas batuan akan dilakukan pada dua pasang elektroda yakni elektroda arus dan elektroda potensial. Arus listrik akan diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Respon dari arus listrik yang diinjeksikan melalui elektroda  $C_1$  dan  $C_2$ , akan terukur beda potensial atau tegangan antara pasangan elektroda potensialnya ( $P_1$  dan  $P_2$ ). Nilai potensial yang terukur dari pasangan elektroda potensial akan bervariasi bergantung pada karakteristik lapisan batuan bawah permukaan di daerah yang diinjeksikan arus listrik.

Akuisisi resistivity konfigurasi *Wenner Alpha* memiliki susunan elektroda arus dan potensial tersusun seperti pada Gb 1 berikut.



Gambar 1. Susunan elektroda konfigurasi Wenner Alpha

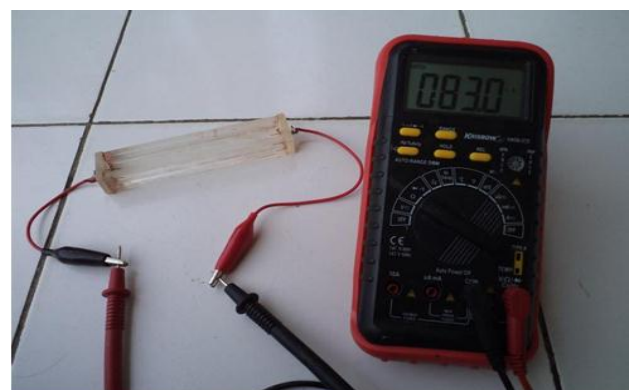
Beda potensial yang terukur akibat arus listrik yang diinjeksikan digunakan untuk menghitung resistivitas semu ( $\rho_a$ ) dengan persamaan:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad \text{dengan } k = 2\pi a \quad \dots\dots\dots(1)$$

Resistivitas semu yang diperoleh diinversi menggunakan perangkat lunak Res2DInv untuk menampilkan profil resistivitas secara lateral. Profil resistivitas dari semua lintasan pengukuran digabung membentuk model *pseudo* 3D. *Pseudo* 3D ini memperlihatkan sebaran air asam tambang daerah penelitian.

Akuisisi air asam tambang dilakukan dengan menggunakan sebuah penampang konduktor, seperti pada gambar 2. Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai hambatan  $R$  (resistansi) conto air asam tambang. Hambatan ( $R$ ) yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai tahanan jenis dari tingkat keasaman yang berbeda. Nilai  $R$  dan  $\rho$  dihitung menggunakan persamaan seperti berikut:

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad \text{dengan } R = \frac{\Delta V}{I} \quad \dots\dots\dots(2)$$

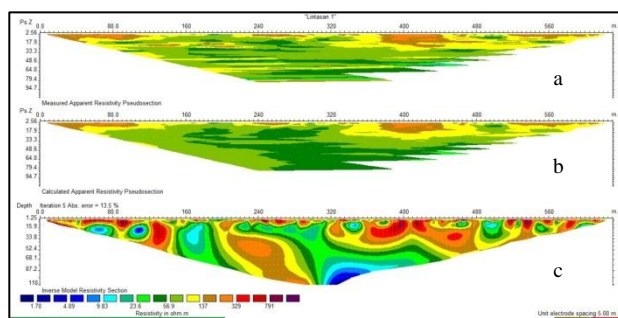


Gambar 2. Penampang Konduktor & Penggunaannya

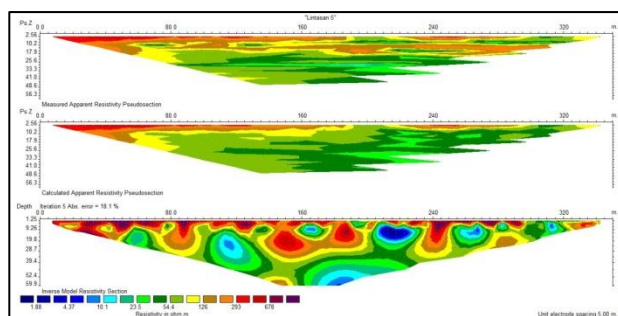
Resistansi diukur berdasarkan variasi pH conto air asam tambang untuk memperoleh resistivitas conto. Resistivitas yang dihasilkan dari conto ini digunakan sebagai referensi untuk menentukan batas resistivitas air asam tambang di daerah penelitian.

## HASIL DAN DISKUSI

Data yang diperoleh dari lapangan terdiri atas data koordinat dan elevasi, data resistansi air asam tambang, dan data resistivitas. Data koordinat dan elevasi digunakan untuk menempatkan titik-titik tertentu dalam setiap lintasan pengukuran resistivity dan tempat pengambilan contoh air asam tambang. Resistansi air asam tambang terhitung dari nilai kuat arus dan tegangan yang diperoleh dari contoh. Resistansi tersebut akan digunakan untuk menghitung resistivitas air asam tambang melalui contoh dengan mengetahui dimensi penampang konduktor yang digunakan. Sementara data yang diperoleh dari pengukuran resistivity adalah arah lintasan, spasi elektroda terkecil, nilai beda potensial dan arus listrik yang diijeksikan. Berdasarkan data-data tersebut diperoleh nilai faktor geometri ( $k$ ) untuk setiap *layernya*. Dengan demikian nilai resistivitas semu diperoleh untuk memodelkan resistivitas sebenarnya dalam bentuk profil, sebagaimana terlihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Model tahanan jenis lokasi 1. a) Penampang tahanan jenis semu terukur; b) Penampang tahanan jenis semu terhitung; c) Penampang tahanan jenis sebenarnya.



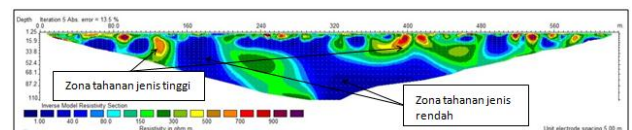
Gambar 4. Model tahanan jenis lokasi 5. a) Penampang tahanan jenis semu terukur; b) Penampang tahanan jenis semu terhitung; c) Penampang tahanan jenis sebenarnya.

Kedua gambar di atas merupakan contoh hasil pemodelan resistivitas yang memperlihatkan nilai resistivitas sebenarnya dengan gradasi warna. Perubahan warna pada profil tersebut mengindikasikan perubahan nilai resistivitas material bawah permukaan.

Gb 3 dan Gb 4 memperlihatkan warna yang sama namun nilai resistivitas yang berbeda. Agar

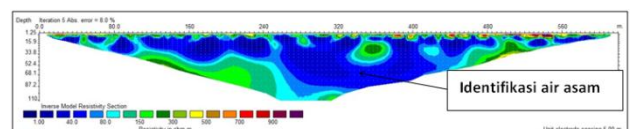
tidak terjadi kesimpangsiuran penafsiran, maka interval dan nilai resistivitas awal disamakan. Hal ini dimaksudkan untuk membedakan nilai resistivitas yang rendah antara lain air asam dan diorit basah / diorit yang tersaturasi dengan air asam (zona yang menjadi sasaran penelitian) serta yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi antara lain diorit kering dan batuan kapur.

Lintasan pengukuran pertama berada pada daerah yang paling tinggi dan posisinya paling timur dari semua lintasan yang diukur. Setelah lintasan 1, berturut-turut lintasan kedua, ketiga, keempat, dan kelima. Setiap lintasan memiliki spasi terkecil 5 meter dengan panjang bentangan berbeda. Setelah proses pengolahan dan inversi, selanjutnya hasil inversi diinterpretasi. Interpretasi dilakukan dengan melihat variasi nilai resistivitas sebenarnya yang tertuang dalam profil (penampang) yang memiliki interval dan nilai resistivitas awal yang sama, sebagaimana terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 1

Panjang bentangan lintasan pertama adalah 630 meter. Hasil inversi yang diiterasi sebanyak 5 kali, mencapai kedalaman 108,99 meter di bawah permukaan. Pada Gb. 5 terlihat bahwa hampir seluruh penampang didominasi oleh zona tahanan jenis rendah dengan nilai resistivitas di bawah 100  $\Omega m$  (berwarna biru) dan selebihnya diisi oleh zona tahanan jenis tinggi dengan nilai resistivitas antara 100-1100  $\Omega m$ . Zona tahanan jenis rendah paling banyak ditemukan di bagian tengah dari penampang mulai dari kedalaman 8-108,99 meter di bawah permukaan. Zona tersebut diduga daerah yang tercemar oleh air asam tambang. Untuk zona tahanan jenis tinggi diinterpretasikan sebagai diorit kering karena memiliki tahanan jenis yang tinggi (di atas 100  $\Omega m$ ).

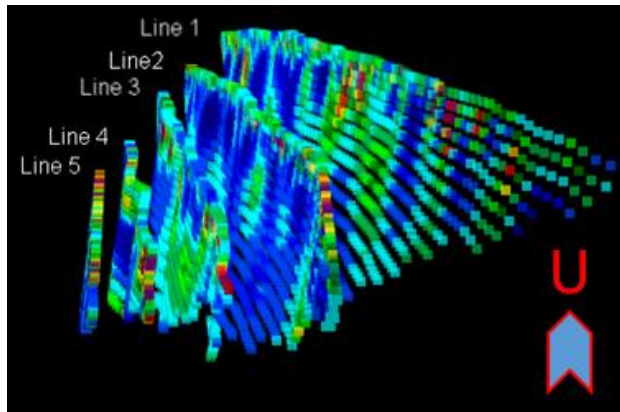


Gambar 6. Profil 2D hasil inversi data geolistrik lintasan 2

Lintasan kedua memiliki panjang bentangan 620 meter dengan penetrasi kedalaman mencapai 106,39 meter. Zona dengan tahanan jenis yang rendah ( $\rho < 100 \Omega m$ ) diinterpretasikan sebagai diorit yang tersaturasi dengan air asam. Zona ini berada di sepanjang bentangan dengan kedalaman berkisar antara 1,25 dan 100 meter di bawah

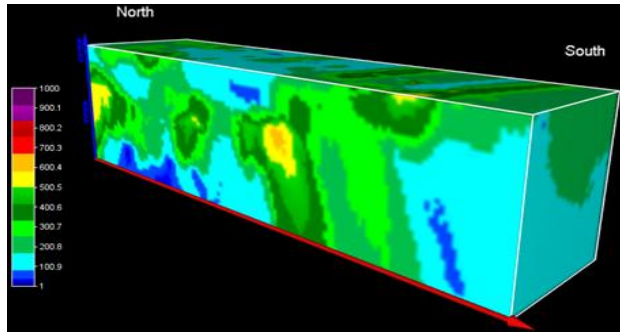


permukaan tanah. Zona tahanan jenis tinggi kebanyakan didapatkan dekat dengan permukaan tanah. Hal ini dikarenakan batuan penutup dari *overburden* merupakan batukapur. Batugamping memiliki resistivitas yang tinggi yaitu berkisar 500 – 10000  $\Omega\text{m}$ . Selain dari itu zona tahanan jenis tinggi ini juga diisi oleh batuan diorit kering.



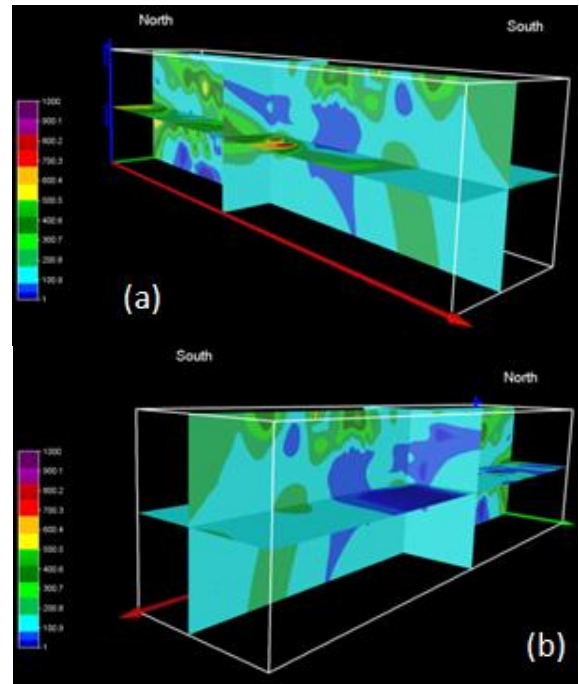
Gambar 10. Gabungan profil 2D hasil inversi lintasan 1-5

Gambar 10 merupakan penggabungan dari seluruh penampang 2D (lintasan 1 sampai lintasan 5). Penggabungan dimaksudkan untuk memperoleh model *pseudo* 3-D dengan prinsip ekstrapolasi (gambar 11).



Gambar 11. Pseudo 3D dari kelima profil 2D

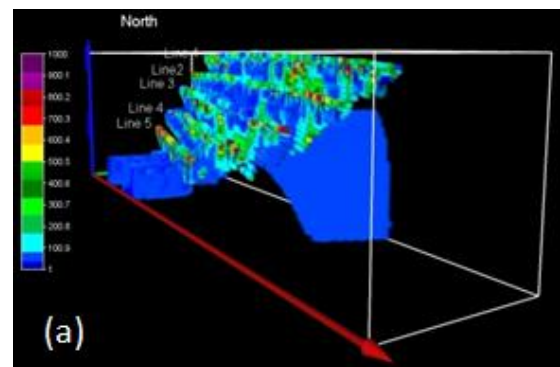
Walaupun model ini (*pseudo* 3D) merupakan hasil ekstrapolasi dari semua lintasan, namun model ini cukup memberikan informasi yang jelas batas antara zona resistivitas tinggi dan zona resistivitas rendah. Seperti dengan penggolongan zona pada penampang 2D untuk model *pseudo* 3-D menerapkan hal yang sama dalam menentukan zona resistivitas rendah ( $\rho < 100 \Omega\text{m}$ ) ditandai dengan warna biru pekat yang menandakan bahwa zona tersebut merupakan batuan diorit yang tersaturasi dengan air asam (diorit basah) dan zona resistivitas tinggi ( $\rho > 100 \Omega\text{m}$ ) ditandai dengan warna selain dari warna biru pekat yang menandakan bahwa zona tersebut merupakan batuan diorit kering dan batuan kapur.

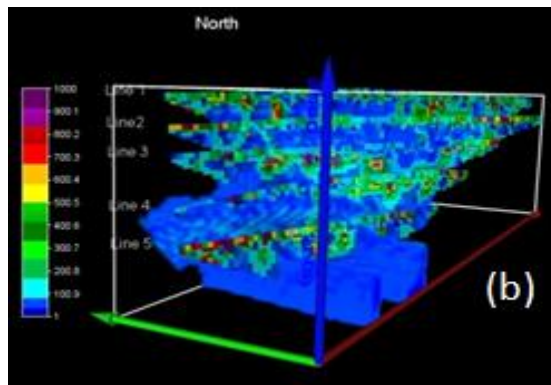


Gambar 12. Sayatan vertikal dan horizontal profil *pseudo* 3-D Lintasan 1-5 menggunakan konfigurasi Wenner Alpha. (a) Tampak dari arah Barat, (b) Tampak dari arah Timur

Apabila Gb 11 disayat secara vertikal dan horizontal, maka akan terlihat kontras yang jelas pembagian zona dan letak anomali yang dicari (zona resistivitas rendah) seperti pada Gb 12. Dari Gambar 12 diinterpretasikan bahwa zona resistivitas rendah banyak ditemui di bagian Timur dibandingkan bagian Barat yang ditandai dengan warna biru.

Gb 11 dan Gb 12 di atas belum jelas sebaran air asam tambangnya, sehingga dimodifikasi sedemikian sehingga dapat terlihat resistivitas rendah yang diduga air asam tambang. Sebaran air asam tambang digambarkan dalam profil 3D seperti pada Gb 13.





Gambar 13. Profil 3D yang menggambarkan sebaran diorit yang tersaturasi dengan air asam / air asam tambang. (a) Tampak dari Selatan-Barat, (b) Tampak dari Utara-Barat

Gambar 13 menunjukkan bahwa penyebaran batuan diorit yang tersaturasi air asam / air asam mulai dari lintasan 1 dengan kedalaman 8 meter di bawah permukaan tanah lintasan 1 yang kemudian menyambung dengan lintasan 2 dikedalaman 1,25-100 meter di bawah permukaan tanah lintasan 2 dan juga menyambung dengan lintasan 3 dijarak bentangan mulai dari 300-330 meter di kedalaman 3,75-24 meter di bawah permukaan tanah lintasan 3. Dimana dari keseluruhan penyebaran air asam dari lintasan 1 sampai lintasan 3 menuju ke timur. Jika dilihat dari utara lintasan 3 sampai 5 maka didapatkan penyebaran diorit yang tersaturasi air asam / air asam mulai dari lintasan 3 dijarak bentangan 120 sampai 180 meter dikedalaman 24-59,88 meter di bawah permukaan tanah lintasan 3 yang tersambung dengan lintasan 4 mulai dari jarak bentangan 7,5 sampai 152 meter dikedalaman 1,25 sampai 52,39 meter dan jarak bentangan 165 sampai 325 meter dikedalaman 15,93 – 59,88 meter di bawah permukaan tanah lintasan 4 kemudian tersambung lagi dengan lintasan 5 dijarak bentangan 105 sampai 135 meter dan 162,5 sampai 225 meter dikedalaman masing-masing 12,44 - 45,59 meter dan 3,75–59,88 meter di bawah permukaan tanah lintasan 5. Dimana dari keseluruhan penyebaran diorit yang tersaturasi air asam / air asam dari lintasan 3 sampai lintasan 5 menuju ke arah timur dan barat. Kesimpulan dari interpretasi untuk Gambar 4.15 adalah penyebaran diorit yang tersaturasi air asam / air asam banyak menuju ke arah timur dan sedikit menuju arah barat dari semua lintasan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan interpretasi data yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Data resistivitas yang diperoleh dari pengukuran lintasan 1 sampai dengan lintasan 5 di lapangan

dapat digambarkan melalui penampang resistivitas 2D dan dari data penampang 2D semua lintasan dapat dibuatkan block model *pseudo* 3D-nya untuk mencari penyebaran air asam.

2. Penampang resistivitas 2D dan block model *pseudo* 3-D dapat memetakan penyebaran air asam dimana lintasan 1 sampai lintasan 3 pola penyebarannya banyak menuju ke arah timur lintasan di jarak bentangan 150-210 meter dan 215-440 meter dengan masing-masing kedalaman 3,75–98,12 meter dan sekitar 8-185,63 meter di bawah permukaan tanah, sedangkan sebarannya sedikit ke arah barat dari semua lintasan.

## REFERENSI

1. Markel, R.H. 1972. *The Use of Techniques to Delineate Acid Mine Drainage in Ground Water*. Ground Water. v. 10, pp. 38-42.
2. Yuval, D.W. Oldenburg, 1995. *DC Resistivity and IP Methods in Acid Mine Drainage Problems: Results from The Copper Cliff Mine Tailings Impoundments*. Applied Geophysics. 34: 187-198.
3. A.M. Ebraheem, M.W. Hamburger, E.R. Bayless, and N.C. Krothe, 1990. *A Study of Acid Mine Drainage Using Earth Resistivity Measurements*. Ground Water. 28 : 361-368.
4. F. Virgo, 2002. *Pemodelan Fisis Metoda Tahanan Jenis Untuk Benda Berongga Di Bawah Lapisan Mendatar*. Tesis. ITB. Bandung.
5. L. Hendrajaya dan I. Arif, 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Monograf metoda Eksplorasi. Laboratorium Fisika Bumi. ITB. Bandung.
6. S. Mares, 1984. *Introduction To Applied Geophysics*. D. Reidel Publishing Company. Holland.
7. W.M. Telford, L.P. Geldart, R.E. Sheriff, and D.A. Keys, 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge.
8. M.S. Akhasyah, 2011. *Pencitraan Resistivitas Untuk Memetakan Zona Crack Di Dump "XY"*. Skripsi. Program Studi Geofisika. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin. Makassar.
9. Syamsuddin. 2007. *Penentuan Struktur Bawah Permukaan Bumi Dangkal Dengan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan*

- Jenis 2D Studi Kasus Potensi Tanah Longsor di Panawangan, Ciamis*. Tesis. Program Studi Geofisika Terapan. Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral. ITB. Bandung.
10. R. Luhansa, 2009. *Penentuan Kecepatan Perambatan Zona Rekahan Dengan Menggunakan Metoda Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-Dipole di Ramp A X/Cut 6 Tambang Bawah Tanah DOZ PT.XYZ*. Skripsi. ITB. Bandung.
  11. M.H. Loke, 2004. *2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Tutorial. email: [drmhloke@yahoo.com](mailto:drmhloke@yahoo.com).
  12. J. Milsom, 2003. *Field Geophysics*. Third Edition. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate. Chichester. England.
  13. K. Reinhard, 2006. *Groundwater Geophysics A Tool for Hydrology*. 110-111. Springer-Verlag. Berlin.
  14. S.M. Putra, 2012. *Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Dengan Metoda Elektrolisa*. Skripsi. Jurusan Teknik Pertambangan. Universitas Sriwijaya. Palembang.